

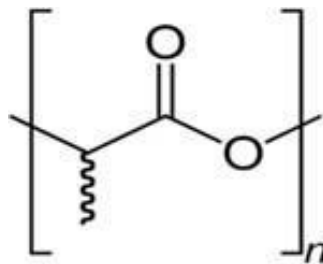
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Poli Asam Laktat (PLA)

Poli-asam laktat (PLA) adalah polimer yang bersifat *biodegradable*, *biocompatible*, nonkarsinogenik, tidak beracun bagi tubuh manusia dan dapat diproduksi dari bahan – bahan terbarukan seperti asam laktat sehingga baik digunakan dalam industri pengemasan makanan (Lasprilla et al., 2012). PLA memiliki kekurangan dalam pengaplikasiannya karena memiliki sifat yang mudah rapuh, getas, hidrofobik dan *elongation at break* kurang dari 10%, sehingga pada kondisi proses kurang maksimal (Zuo et al., 2014). PLA dalam aplikasi kemasan makanan harus mempunyai elastisitas yang tinggi pada temperatur ruang, transparan dan kristalinitas yang rendah (El-Hadi, Ahmed M., 2017).

PLA memiliki rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ yaitu suatu polimer yang bersifat thermoplastic, biodegradable dan berasal dari sumber daya terbarukan yaitu tanaman tebu atau pati jagung. PLA sudah diketahui sejak lama, tetapi pembuatan secara komersial baru dilakukan di beberapa tahun terakhir dengan kelebihan yaitu mampu terdegradasi secara biologi.



Gambar 2. 1 Rumus Struktur PLA

PLA bersifat termoplastik yaitu mudah dibentuk oleh pemanasan sehingga PLA merupakan plastik biodegradable yang paling baik dibandingkan dengan jenis plastik lainnya. Selain itu PLA dapat digunakan dalam pengemasan makanan tanpa terjadi degradasi karena suhu transisi kacanya (T_g) sekitar 60°C . PLA juga

kuat akan pelarut dan berperan menjadi penahan (barrier) migrasi flavor atau plastik konvensional contohnya yaitu plastik polietilena tereftalat (PET) yang biasa digunakan untuk kemasan makanan dan minuman ringan.

PLA terdiri dari monomer – monomer asam laktat yang dicampurkan secara langsung maupun tidak langsung dengan penyusunan laktida (dimer asam laktat). Asam laktat merupakan senyawa asam hidroksi yang paling sederhana yang berasal dari hasil fermentasi karbohidrat oleh bakteri yaitu asam D -laktat dan asam L-laktat. PLA memiliki sifat kuat, tahan panas, dan elastis (Auras, 2002). PLA yang berada di pasaran berasal dari proses fermentasi karbohidrat atau berasal dari proses polimerisasi kondensasi dan kondensasi azeotropik (Auras, 2002). PLA mampu terdegradasi di tanah dalam kondisi aerob atau anaerob dengan waktu enam bulan hingga lima tahun (Auras, 2002).

PLA memadukan sifat – sifat terpilih dari bahan buatan dan bahan alami. Karena PLA berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui dan terdegradasi sepenuhnya serta memiliki sifat seperti plastik konvensional yaitu harga murah, kuat dan elastis. PLA mempunyai permeabilitas uap air yang kecil sehingga baik untuk dijadikan kemasan. PLA juga baik untuk diaplikasikan dalam pangan yang berbentuk cair karena mempunyai laju transmisi oksigen (udara) lebih tinggi dan dapat dipakai untuk kemasan makanan dingin karena memiliki suhu perubahan yaitu 50-60°C.

2.2 Aplikasi PLA

PLA memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai alternatif dari plastik konvensional. PLA memiliki sifat termoplastik serta modulus polimer dan kekuatan tarik yang tinggi. Bobot molekulnya sebesar 100.000 sampai 500.000 serta titik lelehnya sebesar 175-200°C (Oota, 1997). PLA biasa digunakan sebagai pengganti plastik yang memiliki harga dan densitas tinggi contohnya yaitu selofan film, PVC lentur dan PET. PLA memiliki kelebihan dibandingkan dengan PP dan HIPS yaitu ramah lingkungan sedangkan PP dan HIPS merupakan bahan plastic yang tersusun dari minyak bumi yang apabila dibakar akan berakibat pada efek pemanasan global (Syah Johan, 2008).

Kekurangan PLA yaitu memiliki densitas dan polaritas yang lebih tinggi

(1.25 g/cc) dibanding PP dan PS sehingga susah untuk disatukan dengan PE dan PP yang non polar dalam sistem blend film. PP dan HIPS memiliki densitas sebesar 0.9 g/cc dan 1.05 g/cc serta harga masing – masing yaitu 0.7 usd/kg dan 1 usd/kg. Selain itu PLA juga memiliki gas barrier, ketahanan panas dan moisture yang kurang baik dibandingkan PET.

Kelebihan PLA dibanding dengan plastik berasal dari minyak bumi menurut Botelho (2004) yaitu:

1. *Biodegradable*, yaitu PLA mampu terdegradasi secara biologi dalam lingkungan dengan bantuan mikroorganisme.
2. *Biocompatible*, yaitu ketika PLA dalam kondisi normal mampu diterima oleh sel atau jaringan biologi.
3. Berasal dari sumber daya yang bisa diperbaharui.
4. *Recyclable*, yaitu PLA 100% dapat di recycle melalui proses hidrolisis asam laktat untuk digunakan kembali dalam proses atau dapat digunakan untuk proses produk lain.
5. Tidak memakai pelarut organik yang memiliki sifat beracun dalam proses produksinya.

PLA sudah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti dalam bidang pengemasan makanan, medis, atau tekstil. Pada bidang medis biasanya PLA diaplikasikan untuk benang jahit dalam proses operasi dan bahan untuk pembungkus kapsul. PLA juga biasa diaplikasikan untuk proses produksi kantong plastik (retail bags), container serta blend film pada buah atau sayuran. Pada blend film biasa diaplikasikan untuk pengemas makanan atau minuman seperti susu, roti, dan daging. Selain itu PLA diaplikasikan untuk pembuatan produk seperti cangkir atau botol yang sekali pakai dalam minuman yaitu susu, air atau jus. PLA juga digunakan untuk produksi piring, nampan, mangkok, tas atau film pertanian. Dalam bidang tekstil PLA digunakan dalam pembuatan tas atau kaos. Di Jepang, PLA bahkan sudah diaplikasikan untuk bahan dasar produksi compact disc (CD) oleh Sanyo.

2.3 Sifat Fisik dan Mekanik PLA

PLA bersifat termoplastik, kuat dan memiliki modulus polimer yang tinggi serta bobot molekul sebesar 100.000 Da sampai 300.000 Da. Titik lelehnya yaitu 130°C hingga 215°C (Auras, 2002). Sifat PLA seperti bobot molekul tergantung pada kemurnian optis monomer asam laktat pada pembentukan PLA. PLA dengan bobot molekul tinggi, dibutuhkan asam laktat dengan kemurnian optis tinggi sehingga menghasilkan laktida dengan kemurnian optis tinggi (Yamaguchi & Tomohiro 1996). PLA dengan bobot molekul tinggi bersifat kaku dan transparan (Garlotta, 2002). Sifat fisik dan mekanik lainnya dari PLA terdapat pada Tabel 2.1 dan 2.2

Tabel 2. 1 Sifat Fisik PLA

Sifat	PLA
Bobot Molekul (Da)	100.000 – 300.000
Suhu Peralihan Gelas (Tg, °C)	55 – 70
Suhu Leleh (°C)	130 – 215
Kristalinitas (%)	10 – 40
Energi Permukaan (dynes)	38
Parameter Kelarutan ($J^{0,5}cm^{-1,5}$)	19 – 20,5
Panas Peleburan (Jg^{-1})	8,1 – 93,1
Specific Gravity	1,25
Kisaran Index Lelehan (g/10menit)	2 – 20

Sumber: Auras (2002)

Tabel 2. 2 Sifat Mekanik PLA

Sifat	PLA
Kekuatan Akhir (MPa)	70
Kekuatan Tarik (MPa)	66
Elongasi (%)	10 – 20
Kekuatan Fleksur (MPa)	119

Sumber: Auras (2002)

Menurut Sodegard (2002), sifat kelarutan PLA bergantung pada kristalinitas, bobot molekul dan monomer lainnya yang terdapat dalam polimer. PLA dapat terlarut dalam sejumlah pelarut organik seperti etil laktat, aseton, xylene, piridin, tetrahidrofuran, dimetilsulfoksida, metil etil keton, N,N-dimetilformamida dan etil asetat. PLA tidak larut dalam air, alkohol (methanol, etanol, propilen glikol) dan hidrokarbon substitusi (heksana dan heptana).

PLA memiliki sifat fisik dan kimia yaitu rapuh, larut dalam benzene, dioxane, kloroform, acetonitrile, tetrahydrofuran (THF), tetapi tidak larut dalam etanol, methanol dan aliphatic hidrokarbon. PLA memiliki titik leleh antara 175-200°C dan temperatur glass 50-60°C sedangkan elongation at break dari PLA sebesar 10-20% dan breaking strength sebesar 4.0-5.0(g/hari) (Xiao, Wang, Yang, & Gauthier).

2.4 Pati

Pati adalah polimer alam yang mempunyai kelebihan yaitu berasal dari sumber terbarukan (*renewable*), mudah terdegradasi karena memiliki sifat yang hidrofilik, harganya murah dan ketersediaannya cukup berlimpah di Indonesia. Pada pati terdapat dua fraksi yang bisa dipisahkan oleh air panas. Fraksi tidak larut yaitu amilopektin dan fraksi terlarut yaitu amilosa. Amilosa memiliki struktur yaitu lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa sedangkan amilopektin memiliki struktur yang bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangannya adalah ikatan α -(1,6). Amilosa dan amilopektin memiliki berat molekul hingga 500.000 (Hui, 2006).

Menurut Taggart (2004), amilosa dapat membuat kristal melalui interaksi molekular yang terjadi di gugus hidroksil molekul amilosa karena memiliki struktur rantai polimer yang sederhana. Proses pembentukan ikatan hidrogen lebih sederhana terjadi di amilosa dibandingkan di amilopektin. Pati singkong adalah biopolimer yang keberadaannya mudah untuk dicari dan memiliki sifat hidrofilik sehingga dapat terurai dengan mudah. Pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan blend film dengan sifat mekanik berupa tensile strength dan elongation at break yang lebih baik, salah satu caranya yaitu dengan memodifikasi PLA dengan pati singkong menggunakan metode blending.

PLA dan pati merupakan polimer biodegradable yang berasal dari sumber terbarukan. Pati yang merupakan polimer hidrofilik baik digunakan sebagai filler untuk plastik ramah lingkungan. Blending PLA dengan pati merupakan cara yang tepat, karena pati merupakan biomaterial melimpah dan murah dan PLA bersifat biodegradable dengan kekuatan mekanis yang tinggi (Zuo et al., 2014). Pati dalam hal ini digunakan untuk meningkatkan laju degradasi PLA, kelenturan, dan hidrofilisitas. Polimer hasil blend PLA dengan pati menghasilkan kekuatan mekanik lebih besar dan deformasi lebih rendah dari PLA biasa dan dapat diproduksi dengan solution blending dan melting blending (Zuo et al., 2014). Blending PLA dengan pati akan meningkatkan karakteristik mekanik pada polimer blend yang ditunjukkan oleh penurunan nilai tensile strength serta peningkatan nilai elongation at break sehingga polimer ini memiliki daya regang lebih besar dibanding PLA biasa (Yu et al., 2006).

Blending PLA dengan pati mendapatkan plastik biodegradable dengan sifat mekanik rendah. Penambahan plasticizer dapat meningkatkan perpanjangan putus (elongation at break), swelling serta tensile strength atau kekuatan tarik (Bourtoom, 2007). Adapula penggunaan pati dengan plasticizer dapat mendapatkan plastik *biodegradable* dengan sifat mekanik yang terbaik.

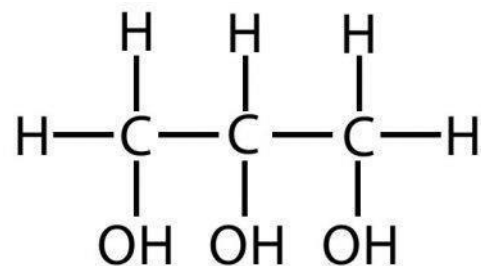
Plasticizer yang ditambahkan akan berpengaruh untuk meningkatkan sifat kelenturan dari plastik *biodegradable*. Hal ini disebabkan karena ikatan molekul antara pati dengan *plasticizer* yang terjadi semakin banyak. Selain itu, plastik dapat terurai dalam kurun waktu 20 hari dengan penggunaan gelatin dari hewan sebesar 2% yang dipadukan dengan kitosan 2% dan pati sebesar 3%. Hal ini diketahui mampu meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas plastik (Nadiah, 2010). Penambahan serbuk gelatin sebesar 15 gram pada pati sagu menghasilkan tingkat biodegradabilitas tertinggi namun sifat mekaniknya yang rendah. Sifat mekanik plastik biodegradable mampu meningkat dengan adanya penambahan pemlastis kitosan dan gelatin.

2.5 *Plasticizer*

Plasticizer yaitu bahan organik yang dicampurkan ke bahan penyusun film yang dapat menambahkan elastisitas dan juga menyusutkan kekakuan polimer plastik biodegradable (Anita et al, 2013). Pengaruh dari penambahan *plasticizer* yaitu semakin banyak *plasticizer* yang digunakan maka fleksibilitas polimer pun akan meningkat, akan tetapi jika penambahannya terlalu banyak maka akan mengakibatkan sifat soft and weak pada plastik biodegradable (Saputro et al, 2015). Meningkatnya fleksibilitas karena penambahan *plasticizer*, maka hal ini dapat menurunkan gaya intermolekuler sehingga ketika film nya dibengkokkan tidak akan patah melainkan akan bersifat lentur (Garcia et al. dalam Rodriguez et al. 2006). Menurut Damat (2008), yang dapat mempengaruhi sifat fisik blend film yaitu bahan dan konsentrasi serta jenis *plasticizer*.

Gliserol ($C_3H_8O_3$) merupakan senyawa golongan alkohol polihidrat dengan tiga buah gugus hidroksil dalam satu molekul, bersifat polar dan kental (*viscous*). Sifatnya yang aman dan tidak beracun menjadikan *plasticizer* jenis gliserol banyak digunakan. Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* diketahui lebih efektif, karena dapat mempengaruhi karakteristik dari biodegradable film seperti berkurangnya kerapuhan, meningkatnya fleksibilitas dan juga dapat meningkatkan ketahanan film (Hidayati et al, 2015). *Plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hydrogen dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer. Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan terutama yang bersifat hidrofilik.

Gliserol memberikan kelarutan yang tinggi dibandingkan sorbitol pada pembuatan bioplastik berbasis pati (Buortoom, 2007).



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Gliserol

Sifat-sifat Gliserol yaitu:

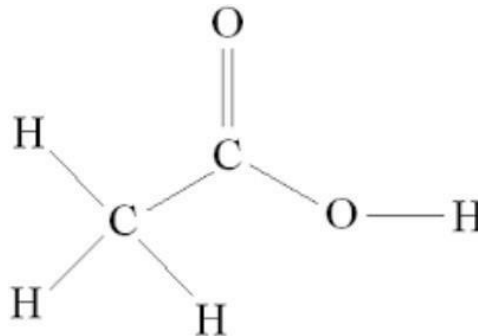
1. Tidak berbau, berwarna bening dan rasanya manis
2. Mudah larut dalam air
3. Sedikit larut dalam banyak pelarut umum seperti eter dan dioksan
4. Tidak dapat larut pada hidrokarbon (Perry, 1950)

Berdasarkan hasil dari penelitian Perdana (2016) menyatakan bahwa penggunaan plasticizer jenis gliserol lebih baik dibandingkan dengan sorbitol karena menghasilkan nilai yang lebih tinggi pada tensile strength dan elongation at break. Penggunaan gliserol tidak hanya digunakan sebagai plasticizer pada blend film, gliserol juga aman untuk dikonsumsi karena dapat digunakan pada produk obat untuk mengatasi konstipasi, batuk, dan kulit kering. Menurut penelitian Samsul Aripin,dkk (2017) Studi Pembuatan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan *Plasticizer* menggunakan gliserol dengan konsentrasi sebesar 0,5% dan hasil yang terbaik untuk tensile strength menunjukkan angka 19,23 MPa, sedangkan nilai elongasi terbaik diperoleh dari variasi gliserol 1,5% yaitu sebesar 39,16%. Jika menggunakan gliserol dengan konsentrasi yang terlalu tinggi pada pembuatan blend film, maka dapat mengakibatkan menurunnya tensile strength dan meningkatnya ketebalan pada blend film

2.6 *Compatibilizer*

Compatibilizer diperlukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara bahan alami yang bersifat hidrofilik dan bahan sintesis yang bersifat hidrofobik dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Penambahan *compatibilizer* diharapkan dapat meningkatkan homogenitas larutan campuran. Fungsi lain dari *compatibilizer* dalam campuran polimer adalah memperbaiki adhesivitas antar fasa (Stevens, 2007). Bentuk murni dari asam asetat ialah asam asetat glasial. Asam asetat glasial mempunyai ciri-ciri tidak berwarna, mudah terbakar (titik beku 17°C dan titik didih 118°C) dengan bau menyengat, dapat bercampur dengan air dan banyak pelarut organik. Dalam bentuk cair atau uap, asam asetat glasial

sangat korosi terhadap kulit dan jaringan lain suatu molekul asam asetat mengandung gugus – OH dan dengan sendirinya dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Karena adanya ikatan hidrogen ini, maka asam asetat yang mengandung atom karbon satu sampai empat dan dapat bercampur dengan air (Hewitt, 2003).



Gambar 2. 3 Stuktur molekul Asam Asetat Glisial

Sifat asam asetat adalah berbentuk cairan jernih, tidak bewarna, berbau menyengat, berasa asam, memiliki titik beku 16,6°C, titik didih 118,1°C dan larut dalam alkohol, air dan eter. Asam asetat tidak larut dalam karbon disulfida. Asam asetat mudah menguap diudara terbuka, mudah terbakar dan dapat menyebabkan korosi pada logam. Asam asetat adalah pelarut protik hidrofilik (polar), mirip seperti air dan etanol. Asam asetat bercampur dengan mudah dengan pelarut polar 10 atau nonpolar lainnya seperti air, kloroform dan heksana (Hart, 2003).

2.7 *Blending*

Blending adalah cara untuk mengubah suatu polimer yang bersifat brittle (getas) sehingga memiliki sifat lentur (ductility). Polimer blending diketahui yaitu cara efektif dan sederhana karena dapat meningkatkan bahan baru yang disesuaikan propertinya tanpa mensintesis polimer baru (Peesan et al., 2005). Sifat-sifat polimer yang berbeda (biodegradable dan non-biodegradable) dapat dikombinasikan dengan memadukan dengan PLA, atau bahkan properti baru dapat timbul dalam produk karena interaksi antara komponen. Komponen

biodegradable yang dapat dicampur dengan PLA adalah polietilena glikol (PEG), poli(-hydroxybutyrate) (PHB), poli(-caprolactone) (PCL), poli butilena adipat-coterephthalate) (PBAT), kitosan dan pati (Sheth et al., 1997).

Meningkatnya sifat mekanik blend film yaitu tensile strength, elongation at break dan laju degradasi PLA karena adanya pengaruh modifikasi PLA blending dengan polimer lain. Polimer yang umumnya dipadukan dengan PLA diantaranya adalah polietilen glikol (PEG), polihydroxybutyrate (PHB), policaprolactone (PCL), polibutilena adipat-coterephthalate (PBAT), kitosan dan pati (El-Hadi, Ahmed M., 2017). Penentuan polimer blending harus tepat karena dapat mempengaruhi perubahan properti PLA saat pemrosesan polimer yang berhubungan dengan stabilitas termal dan mekanik.

Berdasarkan hasil penelitian Afifah (2015) menunjukkan bahwa semakin bertambahnya volume gliserol maka akan menghasilkan nilai kuat tarik dari blend film tersebut menurun. Dapat dilihat dari blend film yang berasal dari pati kentang dan berat pati 10 g dengan bertambahnya volume gliserol sebesar 0 ml, 1 ml, 2 ml dan 3 ml menghasilkan tensile strength yang menurun terjadi seiring dengan penambahan gliserol tersebut sebesar 9,397 MPa, 3,513 MPa, 3,329 MPa dan 2,753 MPa.

2.8 Blend film

Blend film yaitu selaput atau lapisan tipis yang mempunyai fungsi untuk pembungkus atau pengemas makanan yang juga bisa di konsumsi bersamaan dengan produk yang dibungkus (Guilbert and Biquet, 1990). Menurut Robertson (1992), fungsi blend film tidak hanya untuk memperpanjang umur simpan, melainkan dapat juga berguna untuk pembawa komponen di makanan contohnya seperti mineral, vitamin, pengawet dan bahan – bahan lainnya yang berfungsi untuk menyempurnakan rasa serta warna pada produk yang dibungkus.

Selain itu, untuk membuat blend film menggunakan bahan – bahan yang relatif murah, teknologi pembuatannya sederhana dan juga mudah teruraikan (*biodegradable*). Contoh pengaplikasian dari blend film yaitu untuk kemasan sosis, permen atau sup kering (Susanto dan Saneto, 1994). Pati yaitu bahan baku jenis polisakarida yang berfungsi sebagai pembentukan blend film yang akan

menghasilkan sifat fisik menyerupai plastik konvensional seperti plastik tidak memiliki rasa, tidak memiliki warna dan tidak memiliki bau (Lourdin et al. dalam Thirathumthavorn and Charoenrein 2007).

Pati merupakan senyawa yang terdiri dari dua penyusun, yaitu amilopektin dan amilosa. Menurut Guilbert dan Biquet (1996), amilopektin akan mempengaruhi kestabilan pada blend film, sedangkan amilosa akan mempengaruhi kekompakannya. Blend film yang lentur serta kuat dihasilkan dari pati dengan kadar amilosa yang tinggi (Lourdin et al. dalam Thirathumthavorn and Charoenrein 2007), sebab memiliki struktur amilosa yang kemungkinan akan terbentuknya ikatan hidrogen yang bisa memikat air hingga membentuk gel kuat selama proses pemanasan (Meyer dalam Purwitasari 2001). Namun blend film yang berbahan baku dari pati masih terdapat kekurangan yaitu relatif mudah robek (getas), tetapi hal itu dapat diatasi dengan ditambahkan plasticizer sehingga menghasilkan blend film yang lebih fleksibilitas.

Plasticizer dengan berat molekul rendah sangat dibutuhkan blend film agar dapat menaikkan nilai fleksibilitas, kelenturan serta kekuatannya, dengan menghentikan hubungan pada rantai polimer serta menurunkan temperature transisi kaca (Brody, 2005).

Menurut Baldwin (1994) dan Wong et al. (1994) sifat – sifat yang harus dimiliki pada bahan blend film secara teoritis yaitu :

1. Mempunyai permeabilitas selektif terhadap gas tertentu.
2. Menghambat hilangnya air pada bahan pangan.
3. Mengontrol perpindahan padatan terlarut yang berfungsi menjaga kualitas pada bahan pangan itu sendiri.
4. Menjadi bahan pembawa komponen seperti pewarna, pengawet, memperbaiki rasa dan warna pada bahan pangan yang dikemas.

2.9 Sifat Fisik dan Kimia Blend film

a) Ketebalan film

McHugh dan Krochta (1994) menyatakan bahwa sifat – sifat pada blend film sangat dipengaruhi oleh ketebalan misalnya water vapor transmission rate (WVTR), tensile strength dan elongation. Pada larutan pembentuk blend film

memiliki konsentrasi padatan terlarut dan pada pencetak terdapat ukuran pelat merupakan faktor – faktor yang bisa mempengaruhi ketebalan blend film. Apabila konsentrasi padatan terlarutnya semakin besar maka ketebalan blend film pun semakin besar juga. Pada kemasan, blend film yang semakin tebal maka kemampuan pada penahanannya pun semakin tinggi, hal ini diketahui umur simpan produk menjadi semakin lama.

b) Tensile strength

Tensile Strength merupakan ukuran yang menggambarkan kekuatan plastik biodegradable. Tensile strength merupakan maksimumnya tarikan yang bisa diperoleh hingga film tersebut putus atau robek (Krochta and Mulder-johnston, 1997). Tujuan dari uji tensile strength yaitu agar dapat mendapatkan nilai gaya yang diberikan demi mencapai tarikan maksimum untuk luas area film. Jenis dan bahan merupakan faktor yang mempengaruhi sifat tensile strength pada blend film.

c) Daya larut

Daya larut adalah sifat fisik dari blend film yang memperlihatkan besarnya persentase berat kering terlarut sesudah dimasukkan ke air hingga 1 hari penuh (Gontard et al, 1993). Daya larut dari blend film bergantung pada bahan yang dipakai dalam penyusunan blend film. Pada blend film yang berasal dari pati, semakin lemah ikatan pada hidroksil pati maka kelarutan film akan semakin tinggi. Daya larut tinggi pada blend film menunjukkan bahwa film dapat digunakan dengan mudah.

d) Biodegradasi

Menurut Kaplan et al. (1994), biodegradasi merupakan proses dimana rantai polimer diputus dan terurai nya bahan organik oleh organisme hidup contohnya jamur atau bakteri (melalui aktivitas enzimatis). Proses biodegradasi terdiri dua proses yaitu depolimerisasi (pemutusan rantai) dan mineralisasi. Pada proses depolimerisasi, enzim ekstraseluler berfungsi sebagai pemutusan acak pada ikatan rantai yang berurutan dari ujung rantai polimer tersebut. Proses selanjutnya yaitu mineralisasi, yaitu proses pengubahan fragmen oligomer menjadi lebih sederhana yaitu mineral dan garam, biomassa, gas seperti CH_4 , N_2 , dan CO_2 serta

air. Pada penelitian ini menghasilkan bioplastik, yaitu polimer yang mampu terdegradasi secara alami di lingkungan.